Planungstools aus der Schweiz

Stefan Schoenwald
Empa, Abteilung Akustik/Lärmminderung
Dübendorf, Schweiz

Planungstools aus der Schweiz

1. Einleitung

Das von der Lignum Holzwirtschaft Schweiz geleitete Projekt «Schallschutz im Holzbau» ist ein Kooperationsprojekt mit dem Ziel Schallschutzdaten für in der Schweiz übliche Holzbaukonstruktionen zu ermitteln, schalltechnisch optimierte Bauteile darzulegen und diese Daten und Erkenntnisse einem breiten Zielpublikum, also Architekten, Planern, Ingenieuren, Bauherren und Herstellern zur Verfügung zu stellen.
In der ersten Projektphase, welche massgeblich vom Aktionsplan Holz des Bundesamts für Umwelt und Industriepartnern finanziell unterstützt wurde und 2020 abgeschlossen war, wurde in Kooperation mit der Empa Abteilung Akustik und der Berner Fachhochschule in Laboruntersuchungen die Luft- und Trittschalldämmung von zahlreichen Decken und Wandsystemen, sowie die Nebenwegübertragung an einer Anzahl von Bauteilverbindungen untersucht. Der Wissenstransfer zu dieser Projektphase erfolgte über verschiedene Kanäle wie Fortbildungskurse, klassische technische Dokumentationen, aber auch über digitale Planungstools, wie zum Beispiel der Bauteilkatalog Lignumdata.ch [1], welcher bereits in der Fachwelt sehr gut etabliert ist. Andere Planungswerkzeuge sind jedoch noch in Arbeit und werden in der derzeitigen Projektphase weiterentwickelt und in Zukunft veröffentlicht. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die vorhandenen und in Arbeit befindlichen Planungstools, deren Inhalt und deren Zielgruppen. Diese Aspekte wurden zum Teil bereits detailliert in einem Fortbildungskurs des Swiss Wood Innovation Networks (S-WIN), welcher ursprünglich zum Abschluss der Projektphase 2020 geplant war und auf Grund der allgemeinen Lage jedoch erst im Oktober 2021 stattgefunden hat, behandelt. Die Tagungsunterlagen zu diesem Kurs sind wesentlich umfangreicher als dieser Beitrag und öffentlich verfügbar [2]. Daher empfehlen wir diese zur Vertiefung der Inhalte des Beitrags.

2. Wissenstransfer und Planungsleitfaden

Moderne und insbesondere digitale Planungstools stellen heutzutage eine Fülle an Daten dem Anwender zur Verfügung. Auf den ersten Blick erscheint auch die Anwendung dieser Tools sehr intuitiv. Die inzwischen vorhandenen Möglichkeiten beherbergen jedoch auch die Gefahr, dass der Anwender den Überblick verliert und die Planung in eine Sackgasse läuft oder vermeintlich schalltechnisch günstige Konstruktionen sich später bei der Umsetzung als eher nicht optimal erweisen.
Ein gewisses Grundverständnis für die technischen Zusammenhänge und mögliche Konfliktpunkte ist daher immer noch eine Grundvoraussetzung für die effiziente und zielführende Anwendung dieser Planungstools.

2.1. S-WIN Fortbildungskurs Weinfelden 2020

Der erste Schritt bei dem Wissenstransfer ist die Schulung der Anwender sowie die Vermittlung eines Mindestmasses an Verständnis hinsichtlich des Schallschutzes. Dies erfolgt in speziellen Fortbildungskursen, wie zum Beispiel dem letztjährigen «Bau- und Raumakustik im Holzbau» in Weinfelden. Diese Weiterbildungskurse finden natürlich nur punktuell statt. Die Kursunterlagen sind dann zwar noch weiterhin verfügbar [2], diese sind oft aber sehr umfangreich und die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Fachbeiträgen auf Grund der verschiedenen Autoren nicht optimal fliessend.
Das Bedürfnis für solche Veranstaltungen zur Weiterbildung zum Thema Schallschutz ist in der Holzbaubranche sehr gross. Dies belegt die gute Teilnehmerzahl an dem Kurs, als auch die Fragen und intensiven Diskussionen in den Diskussionsrunden als auch der rege fachliche Austausch während des Rahmenprogramms (s. Abbildung 1).

Abbildung 1: Wissenstransfer - S-WIN Fortbildungskurs «Bau- und Raumakustik im Holzbau» Weinfelden 2021 (Quelle: www.s-win.chwww.lignumdata.ch)

2.2. Lignum Dokumentation Schallschutz

Ein Planungsleitfaden «Lignum Dokumentation Schallschutz – Decken in Holzbauweise», der in der Reihe der Lignum Dokumentationen [3] erscheinen wird, ist gerade in Arbeit. In dieser Dokumentation werden die Grundlagen, die Planung und die schalltechnische Ausführung von Trenndecken erörtert. Die Dokumentation umfasst im Wesentlichen die Beiträge des oben genannten Fortbildungskurses, welche sich mit dem Thema befassen.

2.2.1. Grundlagen

Die Wahrnehmung von Schall ist hierbei ein zentrales Thema bei den Grundlagen, da die Wahrnehmung des übertragenen Luft- und Trittschalls bzw. die Störwirkung bei den Bewohnern darüber entscheidet, ob eine Deckenkonstruktion und somit ein Gebäude als schalltechnisch gut oder schlecht empfunden wird. In der Dokumentation werden deshalb die grundlegenden Mechanismen für das menschlich Gehörempfinden und insbesondere den Trittschall betreffende objektive Bewertungsgrössen, dessen subjektive Wahrnehmung sowie davon abgeleitete Zielgrössen zur Bewertung des Trittschalls unter Berücksichtigung der tieffrequenten Schallanteile dargelegt. Die tieffrequente Trittschallübertragung wird bei entweder schlecht konstruierten oder schlecht ausgeführten Trenndecken als besonders störend wahrgenommen. Holzdeckensysteme sind in dieser Hinsicht oft leider weniger robust und anfälliger für Fehler beim Trittschall als Betondecken.

Diese Aspekte werden direkt im zweiten Kapitel, welches die notwendigen Prozesse bei der Planung des Schallschutzkonzeptes für Holzgebäude und Festlegung von sinnvollen Anforderungswerten beschreibt. Sinnvolle Anforderungswerte gehen hier insbesondere beim Trittschallschutz über die baurechtlichen Regelungen hinaus, welche in der Schweiz in der SIA 181 »Schallschutz im Hochbau» [4] festgelegt sind. Es hat sich bewährt, wenn bei Festlegung von erweiterten Anforderungen an den Trittschallschutz auch der Frequenzbereich unterhalb von 100 Hz berücksichtigt wird.

Die physikalischen Phänomene und technischen Grundlagen, welche das schalltechnische Verhalten von Trenndecken bestimmen, werden ebenfalls in dieser Dokumentation kurz aufgezeigt.

2.2.2. Planung

Für die Planung von Gebäuden werden konstruktive Massnahmen an den Trenndecken, deren Ausführung, sowie deren schalltechnische Wirkung, wie zum Beispiel die Beschwerung der Rohdecke, für die verschiedenen Deckensysteme geeignete zusätzliche Fussbodenaufbauten, inklusive Terrassenkonstruktionen für Balkone und Dachterrassen, und zusätzliche Unterdecken beschrieben.

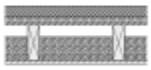
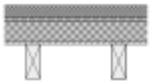
Besonderes Augenmerk wird auch auf die Flankenübertragung und deren Relevanz für verschiedene Anregung und Übertragungswege gelegt. Es werden für die Qualitätssicherung wichtige Prozesse und Abläufe bei der Planung und Identifikation von Schwachstellen aufgezeigt, sowie für die Kombination der verschiedenen Decken und Wandsystemen geeignete konstruktive Massnahmen an den Verbindungen und flankierenden Wänden, sowie deren korrekte Ausführung und akustische Wirkungsweise dargestellt.
Neben der konstruktiven Ausführung wird jeweils die korrekte bautechnische Umsetzung der Massnahmen beschrieben, sowie in der Praxis häufig anzutreffenden Fehler und Gegenmassnahmen zu deren Vermeidung werden aufgezeigt.

Deckenkonstruktionen mit Massnahmen, welche sich in der Praxis sehr gut bewährt haben und die rechtlichen Anforderungen erfüllen also auch die weitergehenden schalltechnischen Zielwerte erreichen, werden dargestellt. Neben der direkten Luft- und Trittschalldämmung werden auch Angaben zu dem Aufbau und Verbindung mit bewährten flankierenden Wänden gemacht. Diese geben ein sehr gutes Bild von schalltechnisch geeigneten Kombinationen von Decken und Wänden, sowie von den zusätzlichen konstruktiven Massnahmen, welche normalerweise für die jeweilige Situation erforderlich sind um einen guten Schallschutz zu erreichen. Für die Überprüfung des Schallschutzes in der jeweiligen Einzelsituation muss jedoch zwingend ein Schallschutznachweis geführt werden um die Qualität sicherzustellen, Planungsfehler zu verhindern und allenfalls in schalltechnisch weniger kritischen Bausituation Massnahmen zu verringern und somit Kosten einsparen zu können.

Methoden zur Führung des Schallschutznachweises nach SIA 181 werden aufgezeigt. Diese basieren in erster Linie auf dem Rechenmodel der EN ISO 12354 [5], dessen Grundlagen und bestehende Umsetzungen aufgezeigt werden. Dieser Teil der Dokumentation dient aber in erster Linie als Anleitung zur Verwendung der digitalen Planungstools, welche in dem Abschnitt 3 beschrieben sind.

2.2.3. Bautechnische Umsetzung

Der Planungsleitfaden endet mit einer Dokumentation bereits realisierter Objekte im Holzbau. Hier werden neben den teils beeindruckenden wichtigen Kenndaten der Gebäude und deren Architektur, auch die konstruktive Umsetzung und gemessene Schallschutzwerte dargestellt. Dieser Teil unterstreicht damit die noch einmal abschliessend die Leistungsfähigkeit und Attraktivität von Holzgebäuden.

Konstruktion	Aufbau	erhöhte Anforderungen $D_{nT,w} + C \geq 56$ dB $L'_{nT,w} + C_I \leq 49$ dB $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500} \leq 49$ dB	Mindest-Anforderung $D_{nT,w} + C \geq 52$ dB $L'_{nT,w} + C_I \leq 53$ dB $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500} \leq 53$ dB
Balken-/Rippendecke mit Unterdecke	Estrich Trittschalldämmung Beschwerung Tragschicht Balken/Rippe[1] Hohlraumbedämpfung Entkopplung[1] Bekleidung	25 mm Gipsfaser-Trockenestrich; $m' \geq 27$ kg/m² 22 mm Holzweichfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 30$ MN/m³ 40 mm Splitt; $m' \geq 56$ kg/m² 25 mm HWS-Platte; $m' \geq 11$ kg/m² 240 mm Vollholz Faserdämmstoff 160 mm mit $5 \leq r \leq 35$ kPa*s/m² 60 mm Schwingabhänger gummigelagert 2 x 15 mm Gipsfaser- oder Hartgipsplatte; $m' \geq 2 \times 16$ kg/m²	25 mm Gipsfaser-Trockenestrich; $m' \geq 27$ kg/m² 22 mm Holzweichfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 30$ MN/m³ 40 mm Splitt; $m' \geq 56$ kg/m² 25 mm HWS-Platte; $m' \geq 11$ kg/m² 240 mm Vollholz Faserdämmstoff 160 mm mit $5 \leq r \leq 35$ kPa*s/m² 60 mm Schwingabhänger gummigelagert 2 x 15 mm Gipskartonplatte; $m' \geq 2 \times 11$ kg/m²
Hohlkastendecke mit Beschwerung 	Estrich Trittschalldämmung[2] Tragschicht Balken/Rippe Beschwerung[3] Beplankung	80 mm Nassestrich; $m' \geq 160$ kg/m² 30 mm Glasfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 6$ MN/m³ 25 mm HWS-Platte; $m' \geq 11$ kg/m² 240 mm Vollholz 160 mm Splitt; $m' \geq 195$ kg/m² 25 mm HWS-Platte; $m' \geq 11$ kg/m²	80 mm Nassestrich; $m' \geq 160$ kg/m² 30 mm Glasfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 6$ MN/m³ 25 mm HWS-Platte; $m' \geq 11$ kg/m² 240 mm Vollholz 120 mm Splitt; $m' \geq 146$ kg/m² 25 mm HWS-Platte; $m' \geq 11$ kg/m²
Massivholzdecke[4] mit Beschwerung	Estrich Trittschalldämmung Beschwerung[5] Tragkonstruktion[5]	80 mm Nassestrich; $m' \geq 160$ kg/m² 30 mm Glasfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 6$ MN/m³ 90 mm Splitt; $m' \geq 126$ kg/m² 200 mm Vollholz; $m' \geq 90$ kg/m²	80 mm Nassestrich; $m' \geq 160$ kg/m² 30 mm Glasfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 6$ MN/m³ 60 mm Splitt; $m' \geq 84$ kg/m² 200 mm Vollholz; $m' \geq 90$ kg/m²
Holz-Beton-Verbund-Massivholzdecke	Estrich Trittschalldämmung Beschwerung/ Tragkonstruktion[5]	80 mm Nassestrich; $m' \geq 160$ kg/m² 30 mm Glasfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 6$ MN/m³ 120 mm Beton; $m' \geq 288$ kg/m² 120 mm Massivholz; $m' \geq 54$ kg/m²	60 mm Nassestrich; $m' \geq 120$ kg/m² 30 mm Glasfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 6$ MN/m³ 120 mm Beton; $m' \geq 288$ kg/m² 120 mm Massivholz; $m' \geq 54$ kg/m²
Holz-Beton-Verbund-Rippendecke 	Estrich Trittschalldämmung Beschwerung/ Tragschicht Balken/Rippe	80 mm Nassestrich; $m' \geq 160$ kg/m² 30 mm Glasfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 6$ MN/m³ 140 mm Beton; $m' \geq 336$ kg/m² 25 mm HWS-Platte; $m' \geq 11$ kg/m² 240 mm Vollholz	60 mm Nassestrich; $m' \geq 120$ kg/m² 30 mm Glasfaser-Trittschalldämmung; $s' \leq 6$ MN/m³ 140 mm Beton; $m' \geq 336$ kg/m² 25 mm HWS-Platte; $m' \geq 11$ kg/m² 240 mm Vollholz

1) Die Gesamthöhe zwischen Tragschicht und Bekleidung ist massgebend.
2) Bei Leitungsführungen ist zwischen der Rohdecke und der Trittschalldämmung eine Installationsebene auszuführen (siehe Kap. 9.1).
3) Die Beschwerung bzw. ein Teil davon kann auf der Tragschicht angebracht werden.
4) Massivholzdecke aus Brettstapel, Brettschichtholz oder Brettsperrholz
5) Die Summe der flächenbezogenen Masse der Tragkonstruktion und Beschwerung ist massgebend (siehe Kap. 9.2).

Abbildung 2: Planungsleitfaden «Lignum Dokumentation Schallschutz – Decken in Holzbauweise» (Entwurf) Übersicht und Aufbau von Deckenkonstruktionen

3. Digitale Planungstools

Eine Schlüsselrolle in der modernen Planung von Gebäuden spielen digitale Planungstools. Im Folgenden werden zwei Planungstools aus der Schweiz vorgestellt.

3.1. Bauteilkatalog Lignumdata

Der online Bauteilkatalog «Lignumdata» (lignumdata.ch) ist bereits seit einigen Jahren verfügbar und in der Planungslandschaft bereits sehr etabliert. Er wurde bereits in einem Beitrag am 8. HolzBauSpezial Bauphysik im Jahr 2017 [6] ausführlich vorgestellt. Daher ist dieses Tool im Folgenden nur kurz erläutert.

Der Bauteilkatalog enthält zur Zeit Konstruktionsdetails und Daten von verschiedenen Bauelementen aus Holz, das heisst von Deckensystemen, Trennwänden, Aussenwänden sowie Steil- und Flachdachkonstruktionen. Neben den schalltechnischen Kenngrössen zum Luft- und Trittschallschutz sind in dem Bauteilkatalog weitere Leistungsdaten zur thermischen Bauphysik (U-Wert), zur Nachhaltigkeit (zum Beispiel Umweltbelastungspunkte, Primärenergie, Treibhausgasemission) als auch Referenzen zu den Bauteildaten in der entsprechenden Lignum Dokumentation Brandschutz gegeben.

Der Vorteil dieses Bauteilkatalogs sind die vielfältigen Such- und Filtermöglichkeiten der Konstruktionsmerkmale, verwendeten Produkte oder Leistungsdaten, um so sehr gezielt und effizient eine Übersicht an möglichen Bauteilen zu erhalten, welche diese Vorgaben erfüllen.

Neben den Leistungsdaten gibt es für Planer und Ausführende auch Hinweise zu den Herstellern und deren Produkte, die für sich für die Herstellung des Bauteils eignen. Ein weiteres Highlight des Bauteilkatalogs ist die Kompatibilität mit modernen Planungswerkzeugen. Alle Konstruktions-und Leistungsdaten, sowie eine 3D-Darstellung können als sogenannte «IFC4»-Datei direkt in Building-Information-Models (BIM) übernommen werden.

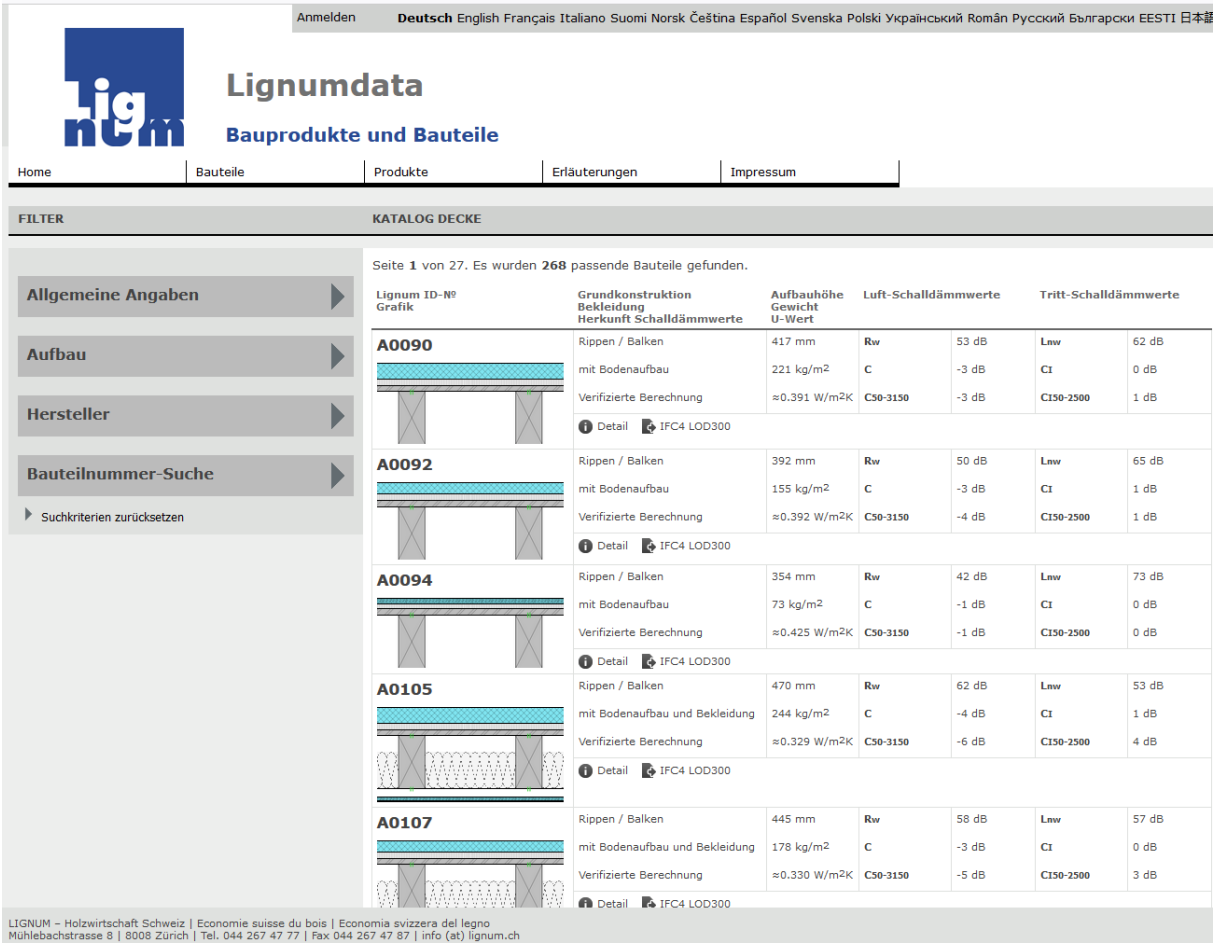


Abbildung 3: Online Bauteilkatalog «Lignumdata» (www.lignumdata.ch), Übersicht der ausgewählten Bauteile

3.2. Online Prognose Tool - Flankenübertragung

Als Erweiterung zu dem Online Bauteilkatalog «Lignumdata» ist derzeit immer noch ein Online Planungstool zur Berechnung der Luft- und Trittschalldämmung in Gebäuden in Holzbauweise in Arbeit. Ein erstes Konzept des auf datenbankbasierenden Tools, welches den Grundlagen der EN ISO 12354 [5] Prognoserechnung folgt, wurde bereits in einem Beitrag am 10. HolzBauSpezial Bauphysik im Jahr 2019 [7] aufgezeigt. Seither ging die Entwicklung der notwendigen Datenbank-Strukturen an der Empa zur Bereitstellung strukturierter Bauteil- und Verbindungsdaten weiter und wird bald abgeschlossen. Einen Überblick über den Stand im Herbst wurde an dem S-WIN Fortbildungskurs [8] gegeben.

In einem Teil der Datenbank sind detaillierte strukturierte Aufbaubeschreibungen und Materialangaben der Decken- und Wandbauteile, der zusätzlichen Aufbauten, wie Fussbodenaufbauten, Unterdecken und Wandvorsatzschalen, sowie Angaben zu der Verbindung der Bauteile miteinander erfasst.
Ein zweiter Teil der Datenbank enthält die frequenzabhängigen akustischen Kennwerte, die jeweils mit den Bauteildaten in dem anderen Teil der Datenbank verknüpft sind. Diese Daten sind die Luftschalldämm-Masse und Norm-Trittschallpegel der einzelnen Übertragungswege, das heisst für die direkte Übertragung und alle relevanten Nebenwege, für die Verbindung der sogenannten «Grundbauteile», also ohne weitere zusätzliche Aufbauten an den Bauteilen. Diese Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch Fussbodenaufbauten, Unterdecken und Wandvorsatzschalen sind abhängig von dem jeweiligen Grundbauteil und zum

Teil von der Orientierung des Tragwerks, zum Beispiel ob die Bauteilverbindung in einer Wand parallel oder senkrecht zum Ständerwerk angeordnet ist. Es wird aber vereinfachend angenommen, dass sie unabhängig von der Verbindung der Bauteile an dem Bauteilknoten sind, und somit können die Verbesserungen für den jeweiligen Übertragungsweg einfach zu der spektralen Schallschutzwerten der Grundbauteile dazu addiert werden. Anschliessend werden die Wege auf bilanziert und die Einzahlangaben ermittelt.

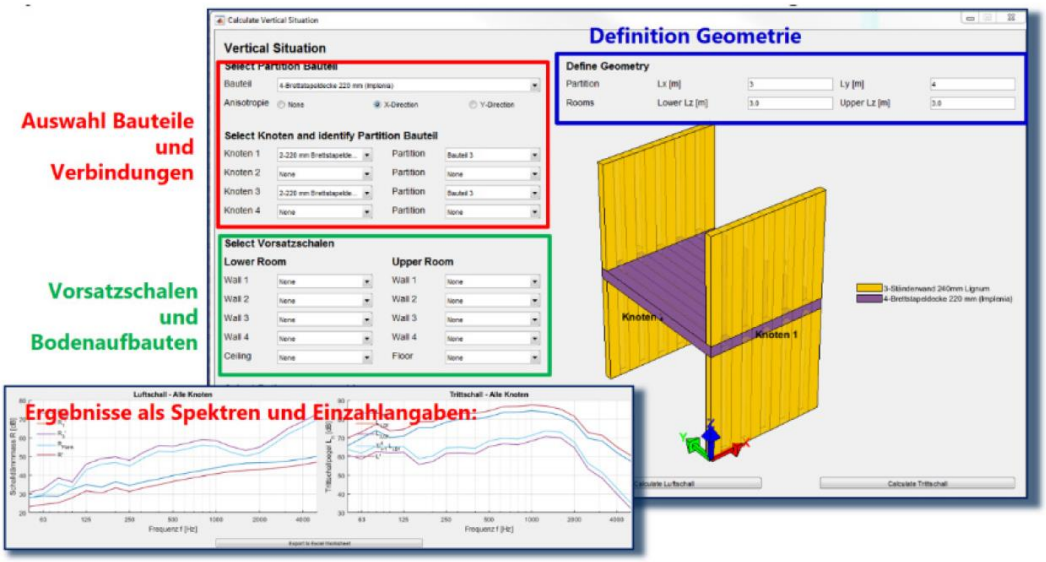


Abbildung 4: Visualisierung der Prototyp-Nutzeroberfläche beim Prognosetool für Flankenübertragung

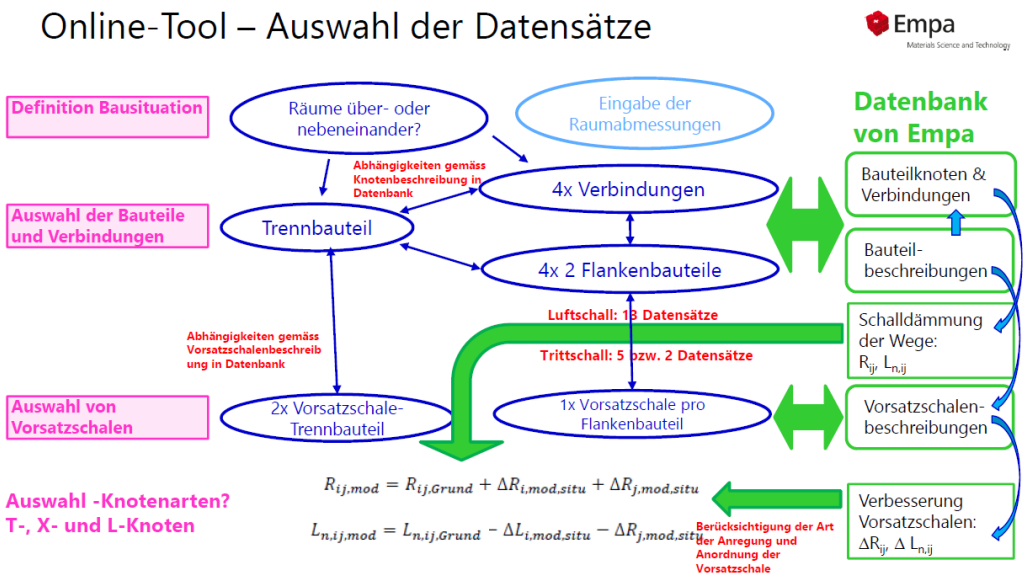


Abbildung 5: Skizze des Arbeitsablaufs und der damit verbunden Datenbankabfragen bei der Prognose; links (magenta) Arbeitsschritte; Mitte (blau) Auswahl auf Bauteilebene; rechts (grün) Datenbankabfragen und Datenverknüpfung

Der Anwender des Prognosetools arbeitet mit einer grafischen Benutzeroberfläche, wie in Abbildung 4 prototypenhaft dargestellt ist. Dort folgt er den Arbeitsschritten die in der Prinzipskizze in Abbildung 5 auf der linken Seite in Magenta angegeben sind. Hierbei gibt der Anwender die Geometrie ein, und wählt anschliessend die Bauteile, deren Verbindungen und zusätzliche Massnahmen in verschiedenen Menüs aus (blauer Bereich in Abbildung 5). Die jeweilige getroffene Auswahl startet eine Datenbankabfrage, die entsprechend den verfügbaren Schallschutzdaten in der relationalen Datenbank die Auswahlmöglichkeiten in den übrigen Eingabefeldern generiert (grüner Bereich in Abbildung 5). Der Anwender arbeitet somit auf der Geometrie-, Bauteil- und Materialebene und die Berechnungen erfolgen, abhängig von den gewählten Kombinationen im Hintergrund. Damit soll das Prognosetool

auch für weniger akustisch versierte Anwender geeignet sein, um aber effizient zum Planungsziel zu kommen, werden Anwendungshinweise und Verfahren in den Planungsleitfäden gegeben.

Die bisherigen akustischen Kennwerte stammen aus experimentellen Untersuchungen, welche in den Empa Laboren durchgeführt wurden. Die experimentellen Untersuchungsmethoden in wurden bereits in einem Beitrag am 8. HolzBauSpezial Bauphysik HBS 2017 [8] bereits detailliert aufgezeigt. Die Experimente sind jedoch wegen der Grösse und des Umfangs der erforderlichen Versuchsobjekte sehr material-, zeit- und somit kostenaufwendig. Deshalb können diese mit einem vertretbaren Aufwand nur einzelne beispielhafte Situationen abbilden und die Datenbank füllt sich mit den so verfügbaren Verbindungsdaten nur sehr langsam. Auch oft entstehen Fragen zu der Übertragbarkeit der gemessenen Schallschutzdaten auf ähnliche Situationen, wenn zum Beispiel, die Art der gewählten Verbindungsmittel oder deren Anzahl oder Abstand von den in den experimentellen Untersuchungen abweicht. Einzelne Teilaspekte wurden bereits in Parameterstudien, zum Beispiel für Massivholzdecken und Massivholzwände im Rahmen des Forschungsprojekts untersucht [9]. Die Fülle der Anzahl an Möglichkeit lässt aber selbst aus diesen Studien zum Teil nur vage Schlüsse zu.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die ersten Phasen des Projekts «Schallschutz im Holzbau» der Lignum in Zusammenarbeit mit der Empa Abteilung Akustik/Lärmminderung und der Berner Fachhochschule in Biel sind nun abgeschlossen. Neben den Laboruntersuchungen und Untersuchungen zur Wahrnehmung insbesondere des tieffrequenten Trittschalls wurden bereits Planungstools erarbeitet. Der veröffentlichte Bauteilkatalog Lignumdata.ch ist in der Planungswelt bereits sehr etabliert. Erste Veranstaltungen zum Wissenstransfer wurden ebenfalls bereits durchgeführt. Einige weitere Planungstools, die Lignum Dokumentation «Schallschutz – Decken in Holzbauweise» und das Onlineprognosetool zur Berücksichtigung der Flankenübertragung ist gerade in Arbeit.

In einer Ende 2021 neu begonnen Projektphase, die von dem Aktionsplan Holz des Bundesamt für Umwelt finanziell unterstützt wird, werden diese Planungswerkzeuge fertiggestellt und es sind weitere Massnahmen zur Ausbildung und dem Wissenstransfer geplant. Daneben sind im Umfang beschränkte weitere Laboruntersuchung zur Erweiterung der Datengrundlage für die Datenbanken geplant. Weitere Laboruntersuchung können mit der Unterstützung von Industriepartnern durchgeführt werden. Ein neuer Schwerpunkt der Untersuchungen an der Empa liegt in der Berechnung der Körperschallübertragung an Bauteilverbindungen mit effizienten numerischen Berechnungsmodellen, welche für Massivholzelemente entwickelt wurden. Es ist geplant mit diesen Modellen den Einfluss von verschiedenen Verbindungsmitteln und deren Anordnungen auf die Flankenübertragung detailliert zu untersuchen und damit die Datengrundlage für Prognosetools mit relativ geringem Aufwand enorm zu vergrössern.

5. Literatur und Referenzen

[1] lignumdata.ch, https://lignumdata.ch/

[2] Tagungsband 52. Fortbildungskurs Weinfelden «Bau- und Raumakustik im Holzbau» 2021, https://www.s-win.ch/wp-content/uploads/2021/10/S-WIN_Fortbildungskurs_Weinfelden_2021_Bau-Raumakustik_Tagungsband_web-2.pdf

[3] https://www.lignum.ch/shop/lignum_dokumentationen/

[4] SIA 181:2020, «Schallschutz im Hochbau»

[5] EN ISO 12354-1/-2:2017 «Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen/Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen», 2017

[6] H. Schmid «Schallschutz als integrierte BIM-Lösung», Tagungsband der 8. HolzBau-Spezial Bauphysik HBS 2017, 22./23. März 2017, Bad Wörrishofen

[6] S. Schoenwald «Flankenübertragung an Holzbetonverbund-Decken – Eingangsdaten für ein Designtool», Tagungsband der 10. HolzBauSpezial Bauphysik & Gebäudetechnik 2019, 12./13. März 2019, Bad Wörrishofen

[7] K. Gebhardt «Prognosesoftware als Planungshilfe für den Schallschutz», Tagungsband 52. Fortbildungskurs Weinfelden «Bau- und Raumakustik im Holzbau» 2021, https://www.s-win.ch/wp-content/uploads/2021/10/S-WIN_Fortbildungskurs_Weinfelden_2021_Bau-Raumakustik_Tagungsband_web-2.pdf

[8] S. Schoenwald «Ermittlung von schalltechnischen Planungsdaten», Tagungsband der 8. HolzBauSpezial Bauphysik HBS 2017, 22./23. März 2017, Bad Wörrishofen

[9] S. Schoenwald, et al. «Neue Ergebnisse zum Schallschutz im Holzbau, Teil 2», https://www.sga-ssa.ch/docs/events//3_schoenwald.pdf, Herbsttagung der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik (SGA-SSA), Sursee, 2018